Aus der Abteilung für Embryologie und Topographische Anatomie
des Anatomischen Instituts der Universität Jena.
(Abteilungsvorstand: Professor Dr. L. Gräper.)

Schmelzsprünge oder Lamellen?

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung

der Doktorwürde in der Zahnheilkunde

verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät

der Thüringischen Landesuniversität Jena

vorgelegt von

Hans Schulz

aus Wittenberg (Bezirk Halle)

Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H.
Leipzig 1933

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Thüringischen Landesuniversität Jena.

Gutachter: Prof. Dr. L. Gräper.

Jena, den 31. Dezember 1932

gez.: Berblinger
dz. Dekan.

Sonderdruck aus „Zeitschrift für mikroskopisch-anatomische Forschung“
Band 33, Seite 1—22. 1933.
Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. in Leipzig.

Einleitung.

In der engeren Histologie des menschlichen Zahnschmelzes ist die Frage nach Wesen und Ursprung der Schmelzsprünge bzw. der Schmelzlamellen noch vielfach umstritten. Die Meinungen der einzelnen Forscher gehen hier noch sehr auseinander, und ein abschließendes Urteil über diese Bildungen im Zahnschmelz gibt es nicht. Es erschien daher lohnend, an eine gründliche morphologische Untersuchung auf diesem Gebiete heranzugehen. Die Anregung hierzu bekam ich von Herrn Prof. Dr. med. Gräper. Bevor ich jedoch zu meinen eigenen Feststellungen komme, möchte ich zunächst einen Überblick über die verschiedenen Ansichten von der Ätiologie der Schmelzsprünge geben und daran anschließend auf die mannigfachen Meinungen von der Genese der Lamellen eingehen.

Übersicht über das Schrifttum.

Schmelzsprünge, d. h. an intakten Zähnen schon makroskopisch sichtbare Schmelzveränderungen, die wie Sprünge aussehen, kommen an allen Zähnen sowohl des Milch- als auch des bleibenden Gebisses vor. Niedergesäss stellte sie im Schmelz an allen von ihm untersuchten Zähnen fest, Adrion fand sie bei 90% aller an Lebenden untersuchten Gebisse an wenigstens einem Zahn, bei vielen Patienten an allen Zähnen.

Die älteste Anschauung erklärt plötzliche Temperaturschwankungen, den Wechsel von Wärme und Kälte als Entstehungsursache dieser Schmelzveränderungen. So will Linderer durch Erhitzen von Zähnen sich davon überzeugt haben, daß auf diese Weise Sprünge im Zahnschmelz entstehen können. Wie seine Versuche gestaltet waren, gibt er indes nicht an. Leber und Rottenstein vertreten dieselbe Meinung und begründen sie ebenfalls mit Versuchen. Sie

warfen Zähne abwechselnd erst in heißes Wasser von der Temperatur heißer Speisen, dann in kaltes Wasser und stellten nach diesen Manipulationen Sprünge im Schmelz fest. Pickerill schreibt: »Zweifellos entstehen die meisten Sprünge durch Traumen und Temperatureinflüsse.« Eigene Untersuchungen in dieser Richtung gibt er leider nicht an. Es gibt jedoch auch Autoren, die eine Entstehung dieser wie Sprünge aussehenden Schmelzveränderungen durch thermische Faktoren ablehnen. Buzer steht auf diesem Standpunkt und begründet ihn seinerseits auch mit Versuchen. Er brachte Zähne zuerst in Eiswasser, dann in siedendes Wasser, ohne dadurch Sprünge im Schmelz erzeugt zu haben.

Die verschiedenen direkt gegensätzlichen Ergebnisse der genannten Versuche vermögen nun aber meines Erachtens weder die Theorie von der thermischen Ursache der Sprünge umzustoßen noch sie zu bestätigen. Denn die einzelnen Zähne können in der Beschaffenheit ihrer Hartsubstanzen, namentlich aber in der Beschaffenheit ihres Schmelzes, untereinander sehr verschieden sein, und daraus kann ein ganz verschiedenes Verhalten auch thermischen Einflüssen gegenüber resultieren. Mit solchen Versuchen ist lediglich bewiesen worden, daß Temperaturwechsel in dem einen Fall Sprünge verursacht hat, in dem anderen Falle nicht. Niedergesäss lehnt eine thermische Ursache der Sprünge ab, weil er bei Tieren, die niemals heiße Nahrung zu sich nehmen, wie z. B. die Rehe, auch Schmelzsprünge an den Zähnen fand.

Eine andere Ursache der sogenannten Schmelzsprünge sehen viele Autoren in mechanischen Noxen. So sind, wie Schwarz meint, in vielen Fällen der Kaudruck und ähnliche Momente, das Zerbeißen harter Gegenstände, Zähneknirschen u. a. ätiologisch für die Entstehung von Sprüngen verantwortlich zu machen. Schwarz nahm mit verschiedenen Zähnen Druckversuche vor, um sich von der Möglichkeit einer Sprungentstehung durch Druck zu überzeugen. Einen seiner Versuche, der mir den Verhältnissen, wie sie im Munde herrschen, am nächsten zu kommen scheint, will ich kurz referieren: Es wurden zwei Schneidezähne ähnlich der richtigen Artikulation unter Zwischenlage einer Speckschwarte so gegeneinander gepreßt, daß die labiale Fläche des unteren Zahnes an die linguale des oberen zu liegen kam. Bei 34 kg Druck zeigte dann der untere Zahn einen Quersprung labial und lingual, außerdem zwei Längssprünge auf der lingualen, einen Längssprung über den größten Teil der labialen Seite und einen Längssprung an einer Approximalfläche.

Faber lehnt künstliche Druckversuche als Beweis für die mechanische Ursache der Schmelzsprünge ab und bestreitet, daß der normale Kaudruck Sprünge hervorrufen kann, denn der Druck, der beim gewöhnlichen Kauakt entstünde, betrage seiner Meinung nach maximal etwa 20 kg, beim Aufbeißen auf harte Gegenstände höchstens 40 kg, außerdem werde der Kaudruck durch die elastische Lagerung der Zähne im Kiefer paralysiert. Schwarz nimmt weiter verschieden große Ausdehnungskoeffizienten und Elastizitätsgrade von Schmelz und Dentin an und sieht die daraus sich ergebenden Spannungsdifferenzen für sprungbildend an. Ferner hält er ein Zustandekommen von Sprüngen dadurch für möglich, daß zur Zeit des schon abgeschlossenen Schmelzbaues das Dentinwachstum noch anhalten könnte und so der Schmelzmantel gesprengt würde. Auch den eigenen Durchbruchsdruck der Zähne sowie seitliche Pressung schon durchgebrochener Zähne durch ihre Nachbarn gibt er als mögliche Ursache einer Sprungentstehung an. Da er aber auch an den Zähnen einer Ovarialcyste

Schmelzsprünge entdeckte und diese ätiologisch sich nicht erklären konnte, so will er Druckmomente nur in beschränktem Maße als Ursache der Sprünge gelten lassen. Er stellt sich weiter die Schmelzkappe dem Dentinkern in gewissem Sinne »verschieblich« aufgelagert vor und glaubt, daß durch dieses Moment Sprünge erzeugt werden können. Auch an den Treibriß denkt er, wie er bei manchen Zementsorten auftritt, wenn sie im Laufe der Zeit ihr Volumen vergrößern und dabei Oberflächenrisse bekommen. Jedoch auch durch Volumenabnahme können nach seiner Meinung Sprünge entstehen.

Bisweilen werden in der Literatur noch mangelhafte Verkalkung einzelner Schmelzschichten sowie auch zu starke Verkalkung, mangelnde Schmelzernährung und Pulpentod als Ätiologie der Schmelzsprünge angeführt. So glaubt Türkheim, daß der Schmelz stellenweise schlecht verkalkt sein und hier in größerer Menge organische Substanz enthalten kann, und daher an solchen Stellen besonders zum Springen disponiert sei, und Fischer hält den Schmelz pulpentoter Zähne für brüchiger als den von vitalen Zähnen.

Die neueste Ansicht vertritt Faber. Nach seiner Meinung sind die Sprünge keine Kontinuitätstrennungen des Email, nur die Zusammensetzung des Schmelzes ist eine andere, indem an Stelle des Sprunges eine Lamelle im Schmelz eingelagert ist, die das Email in seiner ganzen Dicke durchsetzt. Durch äußere Einflüsse von der Mundhöhle her, wie z. B. Rauchen, sei dann die Lamelle so verändert worden, daß sie im Laufe der Zeit einem echten Sprunge täuschend gliche.

Viele der angeführten Theorien sind reine Hypothesen, für die nur schwer exakte Beweise zu erbringen sein dürften, denn man wird schwerlich die natürlichen Mundverhältnisse bei Versuchen genau wiedergeben können. Daher wird man die Ursache der sogenannten Schmelzsprünge vorläufig wenigstens wohl noch auf sich beruhen lassen müssen.

Da nun Faber meint, daß die an den Zähnen schon mit bloßem Auge sichtbaren, wie Sprünge aussehenden Schmelzveränderungen nichts anderes sind als in der Hauptsache durch Farbstoffe, Rauchen usw. sichtbar gewordene Schmelzlamellen, wie sie bisher nur an Schliffen beschrieben wurden, und diese Schlifflamellen ihrerseits wieder betreffs ihrer Genese von einigen Forschern mit Schmelzsprüngen in Zusammenhang gebracht werden, so muß ich nunmehr auf die Lamellen eingehen.

Wie über die Ätiologie der schon makroskopisch an den Zähnen erkenntlichen, als Sprünge erscheinenden Schmelzveränderungen die verschiedensten Ansichten bestehen, so ist auch die Morphologie der Schmelzlamellen des menschlichen Zahnes noch sehr umstritten. Insofern nur ist man sich einig, als man Lamellen bandartige Gebilde nennt, die an der Schmelz-Dentingrenze ihren Ursprung nehmen und den Schmelz bis zu seiner Oberfläche durchziehen. Verwandt mit ihnen sind die sogenannten Schmelzbüschel, die ebenfalls an der Schmelz-Dentingrenze beginnen und in den Schmelz hineinragen, nie aber dessen Oberfläche erreichen.

Gottlieb glaubt, daß die Lamellen analog dem von ihm zuerst beschriebenen sekundären Schmelzoberhäutchen von Zellen des äußeren Schmelzepithels gebildet werden. Das äußere Schmelzepithel soll in primär entstandene Sprünge des Schmelzes einwachsen und so die Lamellen zustande kommen. Er glaubt, daß die Lamellen in ihrem peripheren Anteil verhornen können. Dieselbe Auffassung vertreten Siegmund und Weber. Auch Orban schließt sich dieser Mei-

nung an, unterscheidet aber zwei Arten von Lamellen, nämlich solche, die nur aus schmelzeigenem Gewebe bestehen, sich nur auf den Schmelz beschränken und durch Zerrung bedingt sind, und andere, die sich bis ins Dentin hinein erstrecken, sogenannte Dentinanteile haben, und durch das Einwachsen fremder Gewebsanteile in Schmelzsprünge zu erklären sind. Die Schmelzbüschel sind, wie Orban meint, eine optische Täuschung, die dadurch veranlaßt wird, daß mangelhaft verkalkte Schmelzteile verschiedener Ebenen in eine einzige Ebene projiziert werden.

Andere Autoren sehen in den Lamellen und Büscheln von den inneren Schmelzzellen sich ableitende Gebilde. So halten v. Ebner, Euler, Meyer und Fleischmann die Lamellen und Büschel für Züge minderverkalkter Kittsubstanz, Miller, Baumgartner, Kantorowicz und Walkhoff für Lagen minderverkalkter Schmelzprismen. Walkhoff meint, daß Lamellen und Büschel von Natur aus die Aufgabe haben, an Stellen, an denen das Schmelzgewebe auf stark gekrümmten Zahnbeinflächen aufsetzen muß, Spalten zwischen den Prismen nach außen hin zu vermeiden. Schaffer sieht in den Lamellen wieder Kittsubstanz, mit der Aufgabe von Zufuhrwegen gelöster Substanzen, hauptsächlich von Kalk aus dem Dentin in den Schmelz.

Faber sieht die Lamellen als organischen Rest aus der Zeit der Schmelzentwicklung an und hält sie für mangelhaft verkalkte, in der richtigen Bildung gestörte Schmelzprismenanlagen.

Nach Brammer und Brauer sind die Lamellen mangelhaft verkalkte Prismenteile, wobei gelegentlich auch die den Lamellen benachbarten Prismen schlecht verkalkt sein können. Sie halten die Lamellen für entwicklungsmechanisch bedingt und rechnen sie der Kategorie der Streifen des Retzius zu. Auch die Büschel sehen sie als schlecht verkalkte Prismen an.

Morgenstern und Beust glauben, daß Lamellen und Büschel mesodermaler Herkunft sind. Beide Gebilde stellen nach diesen Forschern das Hauptkreislaufsystem des Schmelzes dar und dienen als Saftbahnen seiner Ernährung.

Weidenreich sieht in den Lamellen und Büscheln die letzten Ausstrahlungen des Manteldentins.

Fischer will gesehen haben, daß Dentinfasern in die Prismenwandschichten einstrahlen und hält so die Lamellen und Büschel für Gebilde, die einer wenn auch nur geringen Schmelzernährung dienen. Er schreibt: »Bei starker Vergrößerung macht es ganz den Eindruck, als fasere sich der Inhalt eines Dentinröhrchens, die Tomessche Faser, in feinste Endfibrillen auf, die nun der unverkalkten Prismenwandschicht angelagert sich im Schmelz verlieren.«

Gräff betrachtet sowohl Lamellen als auch Büschel als in der Hauptsache beim Schleifen entstandene Kunstprodukte, ein Vorkommen dieser Gebilde intra vitam will er nur in ganz beschränktem Maße und auch nur auf traumatischer Basis zugestehen. Er begründet seine Meinung damit, daß er an Schnitten von in Celloidin eingebetteten und dann entkalkten Zähnen weder Lamellen noch Büschel gefunden hat. Dieselbe Ansicht vertritt Akamatsu. Wo er beim Entkalken von Schliffen an Stelle der Lamellen und Büschel Substanz im Schmelz fand, glaubt er, daß diese in keiner Beziehung zu ihnen steht, da die sogenannten Lamellen und Büschel ja einmal erst beim Schleifen entstünden, und zudem die nach dem Entkalken zurückbleibenden Substanzen nach dem Entkalkungsprozeß eine ganz andere Lage zeigten als die Büschel und Lamellen vor der

Entkalkung. Wo solche Substanz im Schmelz vorkäme, hätte sie nichts mit den angeblichen Lamellen und Büscheln zu tun und sei unabhängig von diesen und nur ganz selten.

Angesichts einer derartig großen Menge von verschiedenen, nicht miteinander zu vereinbarenden Anschauungen über Schmelzsprünge und Schmelzlamellen, erschien eine genaue morphologische Untersuchung, die besonders auf die Klärung der Differenzpunkte gerichtet war, geboten.

Eigene Feststellungen.

Für meine eigenen Feststellungen hatte ich mir daher folgende Fragen gestellt:

1. Sind die schon makroskopisch sichtbaren, am intakten Zahn als Sprünge imponierenden Schmelzveränderungen Sprünge oder Lamellen?
2. Sind Sprünge und Lamellen dasselbe oder kommen beide nebeneinander vor?
3. Sind die Schmelzbüschel genannten Erscheinungen selbständige, zu Sprüngen oder Lamellen in keiner Beziehung stehende Gebilde oder sind es Sprünge oder Lamellen?

Ich verwandte zu meinen Untersuchungen Zähne, die nach der Extraktion sogleich in Formol und Alkohol fixiert und vor Austrocknung weitgehend geschützt worden waren. Als Sprünge erscheinende Schmelzveränderungen stellte ich bei geeigneter Beleuchtung schon makroskopisch deutlich erkennbar an fast allen von mir untersuchten Zähnen fest. Hierbei wäre zu bemerken, daß die meisten wie Sprünge aussehenden Gebilde axial, d. h. also von der Schneidekante bzw. der Kaufläche zum Zahnhals hin verliefen. Wenn man mit einer feinen Sonde über solch eine Schmelzveränderung fuhr, blieb man an ihr hängen und hatte den Eindruck eines klaffenden Sprunges, einer Kontinuitätstrennung des Schmelzes. Auch Faber erwähnt diesen Umstand, meint aber, daß dadurch nur das Wesen eines Sprunges vorgetäuscht würde.

Zur mikroskopischen Untersuchung bediente ich mich des Schliffverfahrens. Von einem Entkalken der Zähne nahm ich Abstand, nachdem ich mich selbst davon überzeugt hatte, daß Schnitte entkalkten Materials die Struktur des Schmelzes viel weniger gut erkennen ließen. Es ist dies ja auch nicht weiter verwunderlich, wenn man bedenkt, daß der Schmelz zu 98% aus anorganischer Substanz besteht und nur 2% auf den organischen Gehalt entfallen.

Meine Schliffe stellte ich nach dem von Meyer angegebenen Verfahren her, indem ich etwa 4 mm starke Scheibchen mittels mit Karborund beschickten Stahlscheiben aus den Zahnkronen schnitt, sie dann auf einem rotierenden, elektrisch betriebenen Schleifstein auf einer Seite planschliff und diese Seite im Seifenschaum auf einer Glasplatte polierte. Mittels Kollolith von R. Jonas, Göttingen, wurden dann die Zahnscheibchen mit der polierten Seite auf dem angerauhten Objektträger aufgeklebt und weiter so dünn geschliffen, bis das Tageslicht gut durchfiel. Hierauf wurden sie definitiv poliert.

Zur Darstellung der Struktur des Schmelzes verwandte ich verdünnten salzsauren Alkohol, in den ich die Schliffe für einige Zeit brachte, um sie ober-

flächlich leicht zu ätzen bzw. leicht zu entkalken. Es trat dann die Struktur der Oberfläche der so behandelten Schliffe besonders schön in Erscheinung. Um nun in meinen Präparaten die schon makroskopisch am Zahn als Sprünge imponierenden Schmelzveränderungen gleich wieder zu finden und sie von eventuell später entstehenden Kunstprodukten sofort unterscheiden zu können, legte ich die zur Untersuchung kommenden Zähne vor dem Zerschneiden auf 24 Stunden im Dunkeln in eine 10%ige Lösung von Argentum nitricum und setzte sie hernach einige Stunden dem Lichte aus. Nach dieser Methode behandelt, waren dann alle schon dem unbewaffneten Auge als Sprünge erscheinenden Schmelzveränderungen schwarzbraun gefärbt, ja es waren sogar noch mehr »Sprünge« sichtbar geworden, als vor der Färbungsprozedur zu erkennen waren.

An Längsschliffen durch menschliche Zähne zeigt sich, daß die Schmelzprismen die Tendenz haben, vom Dentinkörper an nach der Schneidekante bzw. der Kaufläche zu anzusteigen. Nur am Zahnhals ziehen sie annähernd waagerecht vom Dentin zur Schmelzoberfläche, also senkrecht zu letzterer. Ferner sieht man in dem der Dentingrenze zugekehrten Drittel des Schmelzes die Prismen in den übereinander liegenden Lagen abwechselnd längs- und quergetroffen. Solche Zonen quergetroffener Prismen heißen Diazonien im Gegensatz zu den Zonen der längsgetroffenen Schmelzprismen, die Parazonien genannt werden. An Querschliffen sieht man, daß die Prismen nicht gerade, sondern S-förmig gewunden verlaufen. Diese S-förmigen Spiralen werden nun im radiären Längsschliff an vielen Stellen quer, an anderen längs getroffen, und es entstehen so die Dia- und Parazonien, je nachdem die Prismen quer- oder längsgetroffen wurden. Da die Prismen am Zahnhals fast horizontal, in den höheren Lagen der Krone aber schon occlusalwärts anstrebend verlaufen, ist es verständlich, daß man bei Querschliffen in Höhe des Zahnhalses die Prismen hauptsächlich im Längsschnitt, weiter schneidekantenwärts mehr im Querschnitt sieht. An Querschliffen durch die oberen Teile der Kronen sieht man die Prismen oft bis nahe an die Schmelzoberfläche quer getroffen, da nun aber jedes Prisma annähernd senkrecht auf der Schmelzoberfläche endet, so geht daraus hervor, daß die Prismen, wenn ihre Querschnitte bis unmittelbar an die Schmelzoberfläche heranreichen, aus dem vorwiegend radiären Verlaufe tangential nach oben abbiegen oder mit anderen Worten streckenweise der Oberfläche parallel laufen müssen, ehe sie in einer höheren Lage des Emails senkrecht zur Oberfläche enden.

Die Prismen zeigen im Querschnitt meist Arkadenform, d. h. sie sind von einer konvexen Seite und zwei konkaven Seiten begrenzt, wobei die Konvexität stets dem Dentin zugekehrt ist. Die Abb. 1 zeigt solche Arkaden.

Zwischen den Prismen befindet sich die interprismatische Substanz, die auch Kittsubstanz genannt wird.

Der Schmelz nimmt nun von der Dentingrenze an nach außen hin beständig an Raum zu. Dieses Mehr an Raum wird, wie Port und Euler angeben, durch eine Dickenzunahme der Prismen und der interprismatischen Substanz nach der Oberfläche zu ausgeglichen.

Da der Bogen, den die Schmelzoberfläche beschreibt, im Querschliff stark gekrümmt, der Bogen aber, den die Schmelzoberfläche im Längsschliff beschreibt, dagegen viel schwächer gekrümmt ist, ist die Raumzunahme des Schmelzes nach außen hin in der Senkrechten bei weitem nicht so groß wie in der Horizontalen.

Auf Tangentialschliffen erscheinen die Prismen meist auch als Arkaden, nur liegt jetzt die Konvexität nach der Schneidekante bzw. der Kaufläche zu.

Die Schmelz-Dentingrenze verläuft nicht geradlinig, sondern gewellt girlandenförmig, sie erscheint aus aneinander gereihten Lakunen zusammengesetzt, die nach dem Schmelz zu offen sind. Es sollen diese Lakunen durch die resorptive Tätigkeit der Ameloblasten entstanden sein.

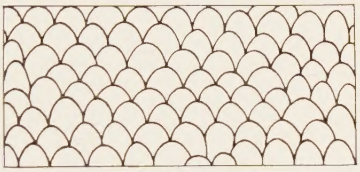

Abb. 1. Querschliff durch Schmelzprismen. (Schematische Skizze.)

Betrachten wir nunmehr die fraglichen Gebilde: die am Zahn als Sprünge erscheinenden Schmelzveränderungen sowie die Lamellen und Büschel des Zahnschmelzes. Da alle diese Gebilde zumeist axial-radiär verlaufen, eignet sich zu ihrer Darstellung am besten der Querschliff.

Um die schon makroskopisch am intakten Zahn als Sprünge imponierenden Schmelzveränderungen im Schliff wieder zu erkennen und sie nicht mit eventuellen Kunstprodukten zu verwechseln, hatte ich sie am ganzen Zahn mit Argentum nitricum imprägniert und ihre Lage vor der Herstellung des Präparates aufgezeichnet. Der Höllenstein und der später einwirkende salzsaure Alkohol hatten sie nunmehr rötlichbraun gefärbt. Die am intakten Zahn als Sprünge erscheinenden Schmelzveränderungen verliefen in den Schliffen in annähernd gerader Linie senkrecht von der Schmelzoberfläche zum Dentin. An der Dentingrenze trugen sie ins Dentin hineinragende pilz- bis keulenförmige Verdickungen von dunkelroter verwaschener Farbe. Diese farbigen Verdickungen waren durch Diffusionsvorgänge des Höllensteins ins Dentin zustande gekommen. Neben diesen Gebilden, die am ganzen Zahn den Eindruck von echten Sprüngen des Schmelzes hervorgerufen hatten, waren noch

andere zu sehen, die den eben beschriebenen durchaus glichen, nur weniger mächtig waren, aber ebenfalls einen Kegel des Dentins verfärbt hatten. Es waren dies die Gebilde, die von vielen Autoren an Zahnschliffen als Schmelzlamellen beschrieben sind.

An Stellen, an denen die Verfärbungen der Dentinkegel noch durchsichtig waren, konnte ich messen, wie lang die Dentinanteile dieser Gebilde waren. Es hatten die am intakten Zahn als Sprünge erscheinenden Gebilde solche Dentinanteile bis zu 320 Mikren, die Lamellen solche bis zu 120 Mikren. In zwei Fällen sah ich sogar, daß die am ganzen Zahn wie Sprünge aussehenden, mit Argentum nitricum tingierten

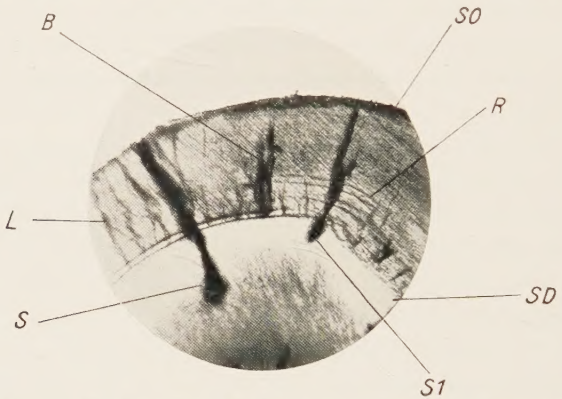

Abb. 2. $\overline{1}|$ Querschliff (halbe Kronenhöhe). Mesio-linguale Fläche. Vergr. 60fach. Erklärung der Buchstabenbezeichnungen in Abb. 2—9 im Text.

Schmelzveränderungen im Dentin länger waren als im Schmelz, doch waren dies Ausnahmen. Daneben gab es aber auch am ganzen Zahn Sprungeindruck hervorrufende Gebilde sowie auch Lamellen, die nur bis zur Dentingrenze gingen, ja es kam auch der Fall vor, und dies gar nicht so selten, daß sie die Dentingrenze nicht erreichten. Abb. 2 veranschaulicht bei *S* und S_1 zwei am ganzen Zahn als Sprünge imponierende Gebilde und bei *L* Lamellen, die nur bis zur Schmelz-Dentingrenze gehen und keine Dentinanteile haben. Parallel zur Schmelz-Dentingrenze sieht man ferner bei *R* die sogenannten Retziusschen Parallelstreifen, die durch schichtweise Anbauvorgänge des Emails zustande kommen sollen. *B* deutet auf ein sogenanntes Schmelzbüschel hin. Bei *SO* verläuft die Schmelzoberfläche, bei *SD* die Schmelz-Dentingrenze.

Sowohl die schon makroskopisch am Zahn als Sprünge imponierenden Gebilde als auch die sogenannten Lamellen erschienen in meinen Präparaten auf den ersten Blick interprismatisch gelagert und hielten sich eng an den S-förmig gewundenen Schwung des Prismenverlaufes.

Dies war an Quer- wie auch an Längsschliffen zu konstatieren, wobei zu bemerken ist, daß diese Gebilde an Längsschliffen ungleich viel seltener waren als an Querschliffen, was dadurch bedingt ist, daß sie am Zahn fast durchweg axial-radiär verlaufen und am Längsschliff daher nicht leicht zur Darstellung kommen. Auch die selten vorkommenden querverlaufenden Gebilde, die am ganzen Zahn Sprungcharakter zeigten, ließen, wo sie vorhanden waren, ebenfalls den Verlauf in der Kittsubstanz und das Anpassen an die Windungen der Prismen deutlich erkennen.

Abb. 3 zeigt den Verlauf in der Kittsubstanz. In der Mitte des Bildes bei *L* sieht man eine Lamelle, die einen farbigen Kegel im Dentin trägt. Rechts im Bilde bei L_1 befindet sich eine Lamelle, die die Dentingrenze nicht erreicht. Bei *SO* verläuft die Schmelzoberfläche, bei *SD* die Schmelz-Dentingrenze. Man sieht, wie die Lamellen die Verlaufsrichtung der Prismen einhalten. Es bestehen nun diese Gebilde nicht etwa aus einem kompakten Band, sie stellen vielmehr ein Bündel feinster Verzweigungen dar und machen fast einen gelockten Eindruck.

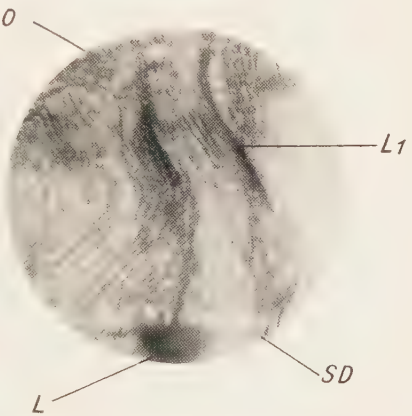

Abb. 3. $\overline{4|}$ Querschliff (Zahnhalshöhe). Mesio-approximale Fläche. Vergr. 250fach.

Verfolgte ich nun solche Verzweigungen und Verästelungen, so stellte ich bei starker Optik fest, daß stellenweise die genannten Gebilde, sowohl die am ganzen Zahn Sprungcharakter zeigenden Schmelzveränderungen als auch die Lamellen mitten durch Prismen zogen, indem sie die Kontinuität, die morphologische Einheit derselben trennten, es war dies besonders schön an Schliffen zu konstatieren, welche die Prismen quergetroffen zeigten. Der Verlauf in der Kittsubstanz war also nicht ein ausschließlicher, wenn er auch dominierend war.

Abb. 4 veranschaulicht ein solches mit $AgNO_3$ gefärbtes Gebilde, das am ganzen Zahn als Sprung erschien und hier im Schliff mit seinen feinsten Aufzweigungen durch die Einheit mehrerer Prismen hindurchgeht und diese trennt. Zentral im Bilde bei *Q* sieht man mehrere hintereinander liegende, in ihrer morphologischen Einheit durch eine »Lamelle« getrennte Schmelzprismen.

Bei stereoskopischer Betrachtung der Schmelzbüschel konnte ich feststellen, daß es sich hier tatsächlich um Gebilde handelte, die flächen-

haft nach mehreren Richtungen ausstrahlend in mehreren übereinander liegenden Ebenen verliefen, wodurch die büschelförmige Gestalt bedingt war. Die Büschel entsprangen alle an der Schmelz-Dentingrenze. Dentinanteile habe ich bei ihnen nicht feststellen können, mit den Dentinkanälchen standen sie nie in Zusammenhang. Meist nahmen sie ihren Ursprung von einer Spitze, die von zwei aneinander grenzenden Lakunen der Schmelz-Dentingrenze gebildet wurde. Da sie die Oberfläche des Schmelzes nie erreichten, waren sie dementsprechend auch nicht mit $AgNO_3$ tingiert, denn dieses konnte, wie ich feststellte, nie von der Oberfläche aus bis zu den Büscheln in den Schmelz hinein eindringen. Ihre feinen Äste, wenn ich so sagen darf, verliefen ebenfalls

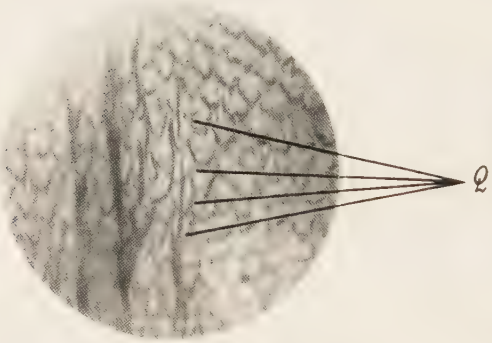

Abb. 4. $\overline{7}$ Querschliff (halbe Kronenhöhe). Vergr. 800fach.

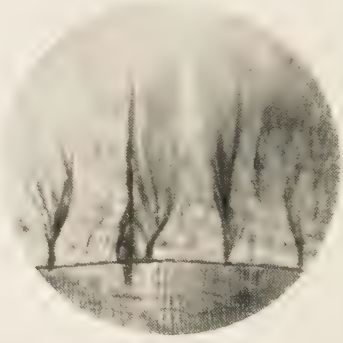

Abb. 5. $\underline{1}$ Querschliff (halbe Kronenhöhe). Mesio-approximale Fläche. Vergr. 60fach.

in der Kittsubstanz, indem sie sich den vielen Verschlingungen und Windungen, welche die Prismen nahe der Dentingrenze machen, genau anpaßten. Bei starker Optik und eingehender Betrachtung der Büschelverzweigungen zeigte sich aber auch hier wieder, daß die feinen Äste der Büschel manchmal mitten durch Prismen hindurchgingen und die Kontinuität derselben trennten. Meist waren die in ihrer Einheit getrennten Schmelzprismen an den Büschelspitzen anzutreffen.

Abb. 5 zeigt die fraglichen Schmelzbüschel. Man sieht auf der Photographie die feinen Verzweigungen der Büschel in eine Ebene projiziert, wodurch die Büschelform zustande kommt.

Zum Vergleich untersuchte ich auch macerierte Zähne mit deutlich sichtbaren Trockenrissen im Schmelz, die, wie die Schliffe dann zeigten, oft noch durch den ganzen Dentinkern hindurchzogen.

Es scheint mir nun von Wichtigkeit, zu erwähnen, daß diese Trockenrisse Bilder zeigten, wie ich sie bei den fraglichen Gebilden der am ganzen

Zahn als Sprünge imponierenden Schmelzveränderungen, den Lamellen und Büscheln eben beschrieben habe. Die Trockenrisse verliefen ebenfalls vorwiegend in der Kittsubstanz, gingen auf dem kürzesten Wege von der Oberfläche des Emails zum Dentin, und erst im Dentin zeigten sie einen willkürlichen Verlauf. Im Schmelz paßten sie sich den Windungen der Prismen genau an, nur ab und zu trennten auch sie die morphologische Einheit eines Schmelzprismas.

Abb. 6 zeigt einen Trockenriß eines macerierten Prämolaren. Bei *T* ist der Trockenriß, bei *SO* die Schmelzoberfläche, bei *SD* die Schmelz-Dentingrenze. *R* bezeichnet die Streifen des Retzius. Man sieht, wie

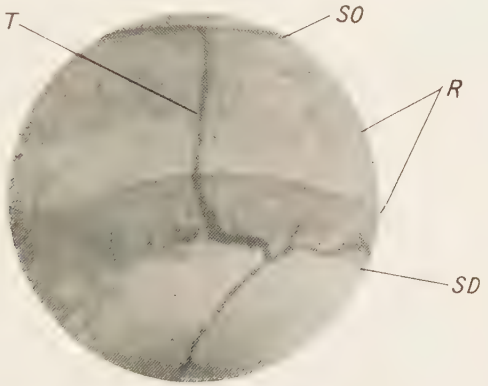

Abb. 6. $\underline{4}$ Querschliff (halbe Kronenhöhe). Bucco-distale Fläche. Vergr. 60fach.

der Trockenriß in seiner Anlage einer Lamelle ähnelt. An der Dentingrenze macht der Riß eine rechtwinklige Knickung, um dann durch das ganze Dentin hindurchzugehen.

Daß beim Schleifen tatsächlich Sprünge im Schmelz entstehen, wird niemand bestreiten können, der jemals einen Zahnschliff angefertigt hat. Ich untersuchte nun auch solche beim Schleifen entstandene Sprünge. Bei grober Behandlung der Schliffe während des Herstellungsganges treten sie öfter und zahlreicher auf als bei vorsichtiger Behandlungsweise. Es ist nun wieder die Tatsache charakteristisch, daß die beim Schleifen entstandenen Schmelzsprünge den fraglichen Gebilden der Lamellen usw. in allem glichen. Die Schleifsprünge zeigten ebenfalls den typischen Verlauf in der Kittsubstanz, aber dieser Verlauf in der interprismatischen Substanz war kein ausschließlicher, es trennten diese Kunstprodukte auch die Einheit vieler Prismen und glichen auch darin durchaus den Lamellen. Als Schleifsprünge erkannte ich sie bei häufiger Beobachtung während des Schleifens durch ihr Neuauftreten

und durch die fehlende Färbung mit Argentum nitricum; morphologisch waren sie von den Lamellengebilden nicht zu unterscheiden.

Abb. 7 zeigt einen linken oberen Bikuspidaten mit einem Schleifsprung an der distalen Fläche des Schliffes. Der Schleifsprung endet in einem Büschel des Schmelzes. Nur durch die fehlende Färbung mit Höllenstein, die auf dem Bild natürlich nicht in Erscheinung tritt, ist er von einer Lamelle unterschieden. Bei *S* befindet sich der Schleifsprung, bei *SO* die Schmelzoberfläche. *BR* bezeichnet eine Bruchstelle des Präparates, *SD* die Schmelz-Dentingrenze. *B* weist auf einige Schmelzbüschel hin.

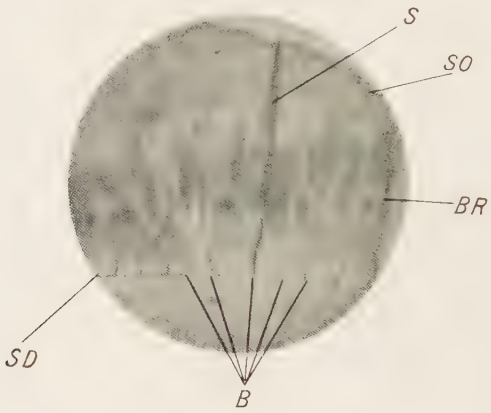

Abb. 7. $\underline{4}$ Querschliff (Zahnhalshöhe). Distale Fläche. Vergr. 60fach.

Abb. 8 zeigt bei *S* zwei Schleifsprünge, bei *L* eine Lamelle. Man sieht, wie sich auf der Photographie die Lamelle von den Schleifsprüngen in nichts unterscheidet, lediglich bei *SD* an der Dentingrenze trägt die Lamelle eine auf dem Bilde jedoch leider nur schlecht erkennbare stecknadelkopfförmige Verdickung, die mit Höllenstein imprägniert ist. Bei *SO* verläuft die Schmelzoberfläche. Ferner machte ich die Beobachtung, daß künstlich mit der Nadel unter dem Mikroskop am Schliff durch leichten Druck gesetzte Sprünge einen ähnlichen Verlauf in der Kittsubstanz nahmen wie die Lamellen und teilweise Schmelzprismen in ihrer Kontinuität trennten.

Da die am intakten Zahn als Sprünge imponierenden Schmelzveränderungen sowie die Lamellen und Büschel im durchfallenden Licht dunkel, im auffallenden Licht dagegen hell erscheinen, so lag der Gedanke nahe, daß diese Gebilde Luft enthalten. Hell erschienen sie im auffallenden Lichte indes nur, wenn die Zähne nicht mit Argentum

nitricum behandelt waren, nur die Büschel, die nie mit Höllenstein tingiert waren, erschienen jedesmal im auffallenden Lichte hell.

Um auf Luft zu prüfen, brachte ich nun einen Tropfen Xylol unter dem Mikroskop auf einen Schliff. Der Tropfen drang an einigen Stellen des Schliffes ruckweise in die $AgNO_3$ gefärbten Gebilde und auch in die Büschel ein, wobei ich bei genauer Beobachtung feinste Luftbläschen an diesen Stellen aufsteigen sah.

Um weiter festzustellen, ob es möglich ist, in die am ganzen Zahn Sprungeindruck hervorrufenden Gebilde korpuskuläre Elemente hineinzubringen, stellte ich folgende Versuche an. Ich entfernte, um etwaige Verletzungen des Schmelzes mit der Zange zu vermeiden, drei Molaren

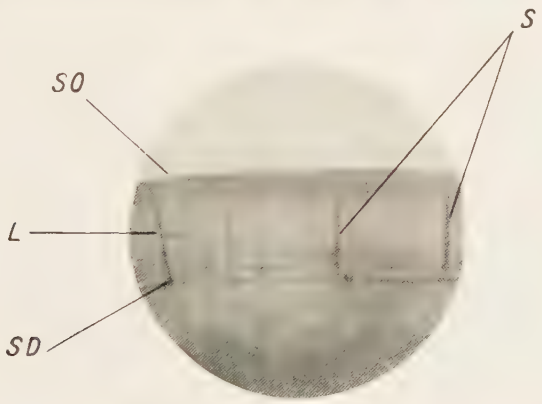

Abb. 8. $\overline{4}|$ Querschliff (Zahnhalshöhe). Buccale Fläche. Vergr. 60fach.

durch Meißelung aus dem Kiefer und legte zwei davon auf 72 Stunden in unverdünnte schwarze Ausziehtusche. Den dritten Zahn brachte ich in ein Gefäß, das ebenfalls mit Tusche angefüllt war, stellte dann mittels einer Wasserstrahlpumpe in dem Tuschegefäß einen stark luftverdünnten Raum her und ließ plötzlich den atmosphärischen Luftdruck einwirken. Es zeigten nun alle drei Molaren viele tief mit Tusche gefüllte Gebilde, die vor den Versuchen den Eindruck von Sprüngen gemacht hatten.

Abb. 9 zeigt mehrere mit Tusche gefüllte, Sprungcharakter tragende Schmelzveränderungen der Versuchszähne. *S* weist auf die mit Tusche gefüllten Sprünge hin.

Es unterliegt nun keinem Zweifel, daß die makroskopisch am Zahnschmelz wie Sprünge aussehenden Schmelzveränderungen sowie die Lamellen und Büschel der Schliffe aus Substanz bestehen oder Substanz enthalten. Denn beim Entkalken von Schliffen und ganzen Zähnen habe ich mich davon überzeugen können, daß, wie zahlreiche Forscher

angeben, nach vollständiger Zerstörung des Schmelzes durch die entkalkenden Säuren ein Rückstand an Stelle der fraglichen Gebilde verbleibt. Ich konnte indes nicht feststellen, daß dieser Rückstand jemals mit dem Schmelzoberhäutchen in Verbindung gestanden hätte, wie das Orban u. a. angeben. Das Schmelzoberhäutchen war vielmehr nur noch stellenweise erhalten geblieben und oft gar nicht mehr an den Schliffen nachzuweisen. Mit dem Dentin hing der nach dem Entkalken verbleibende Rückstand dagegen des öfteren zusammen.

Es entsteht nun die Frage: Was ist, oder woraus besteht diese beim Entkalken zurückbleibende Substanz? Zwei Wege schienen mir zur Lösung dieser Frage geeignet, einmal histologische Färbungen, dann chemische Reaktionen. Ich versuchte nun zuerst mit histologischen Färbungen Aufschluß zu erhalten. Zu diesem Zweck entkalkte ich

Abb. 9. Zwei mit Tusche behandelte Molaren.

Zähne in 5%iger Salzsäure und präparierte dann unter Wasser den zurückbleibenden, oft am Dentin festhängenden häutchenartigen Rückstand einer Lamelle ab. Es ist die Gewinnung dieser Rückstände ein sehr mühseliges Unterfangen, das zudem nur selten von Erfolg gekrönt ist. Ungefärbt zeigten diese Rückstände unter dem Mikroskop nie irgendwelche Strukturen, auch im polarisierten Licht war keinerlei Struktur zu erkennen, die Rückstände erschienen hier vielmehr einfach lichtbrechend und stellten eine homogene undefinierbare Masse dar. Auch die an entkalkten Schliffen verbleibenden Rückstände waren strukturlos.

Von den vielen zur Verfügung stehenden Färbmethoden griff ich für meine Versuche die Färbungen mit Säure-Alizarinblau-Mallory und van Gieson heraus. Nach der ersten Methode gefärbt, zeigten die häutchenartigen Rückstände eine hauchfeine bläuliche Verfärbung, jedoch nie in ihrer ganzen Ausdehnung, sondern nur stellenweise. Von

einer spezifischen Färbung konnte in keinem Falle die Rede sein. Nach VAN GIESON gefärbt nahmen sie einen schwach rötlichen Schimmer an, jedoch auch hier nie die spezifische Farbe.

Es war mir nun hauptsächlich darum zu tun, nachzuweisen, ob die fraglichen Rückstände Eiweiß enthielten. Ich stellte daher mit den zu untersuchenden Objekten zunächst die Xanthoproteinreaktion an, konnte hiermit jedoch nicht die Spur von Eiweiß nachweisen. Auch mit MILLONS Reagens ausgeführte Versuche verliefen negativ. Da die genannten Stoffe wohl gute Reagenzien auf Eiweiß überhaupt, nicht aber auch auf Bindegewebseiweiß sind, ich aber auch den Nachweis auf Bindegewebseiweiß führen wollte, so stellte ich weitere Versuche mit Ninhydrin von ABDERHALDEN an. Es ist dies ein hochempfindliches Reagens auch auf Bindegewebseiweiß. Die erforderliche Blaufärbung, die nötig ist, um die Reaktion als positiv zu werten, blieb jedoch ständig aus, nicht einmal die leiseste bläuliche Verfärbung trat ein. Kontrollversuche dagegen, die ich mit kleinsten Mengen von Bindegewebe, das ich alten anatomischen Präparaten entnahm, anstellte, fielen noch positiv aus.

Ähnliche Versuche unternahm, wenn auch von anderen Gedanken ausgehend, SCHENK. In der Überzeugung, daß die Hauptbedingung für das Leben der Mikrobien das Vorhandensein von Eiweißmassen ist, versuchte er, mit Hilfe der Biuretreaktion an Zahnschliffen den Nachweis von Eiweiß zu erbringen. Es ist ihm dies auch gelungen. Zahnbein, Zement, Pulpa und kleinere Anhängsel von Weichteilen an den Zahnwurzeln zeigten deutliche Eiweißreaktionen, der Schmelz dagegen war in seiner ganzen Ausdehnung beim ausgebildeten Zahn bei allen Versuchen frei von Eiweißkörpern.

Auch ich stellte sowohl an Zahnschliffen als auch allein mit den beim Entkalken ganzer Zähne verbleibenden Rückständen im Schmelz, also den Lamellen, die Biuretreaktion an, wobei ich ebenfalls nur negative Resultate erzielte.

GIES hat an Schmelzstücken, die ihm BÖDECKER lieferte, den Nachweis erbracht, daß der gesamte, nach vollständiger Entkalkung des ganzen Schmelzes verbleibende Rest ein Eiweißkörper ist, der die Biuretreaktion gibt. Es ist dies insofern erklärlich, als ja der Schmelz bekanntlich zu einigen Prozent organische Substanz enthält, und diese organische Substanz wohl eine Eiweißreaktion geben kann, andererseits könnten aber auch in den Schmelz eingedrungene Mikroorganismen die Eiweißreaktion positiv haben ausfallen lassen.

Um ferner auf Kollagengehalt zu untersuchen, kochte ich einen ganzen vom Dentin abpräparierten häutchenartigen Rückstand unter

Zusatz von einem Tropfen Essigsäure in etwas Wasser über 1 Stunde im Reagenzglas, ohne daß das »Häutchen« sich dabei gelöst hätte. Auch gab das Dekokt keine Xanthoproteinreaktion, es war also kein Kollagen vorhanden.

Kritische Betrachtung der Befunde.

Was ergibt sich nun aus den aufgeführten Befunden?

Merkwürdig ist vor allem die Tatsache, daß die am ganzen Zahn wie Sprünge aussehenden Schmelzveränderungen in ihrer Anlage und Gestaltung in allem den Lamellen gleichen, ja nach den Befunden im Prinzip durchaus mit ihnen gleichzusetzen sind. Weiter ist es auffallend, daß die Lamellen der Schliffe stellenweise die morphologische Einheit der Schmelzprismen trennen, indem sie in ihrem Verlaufe mitten durch dieselben hindurchziehen und so eine echte Kontinuitätstrennung schaffen. Hier wirft sich sofort die Frage auf: Ist es möglich, daß eine primär vorhandene gewebliche Lamelle mitten durch die Einheit eines Schmelzprismas ziehen kann? Diese Frage ist nach unseren heutigen Kenntnissen der Schmelzentwicklung zu verneinen, denn morphologisch wäre es schwer vorstellbar, wie ein zeitlich sich nach der Lamelle entwickelndes Prisma, wenn es bis an die Lamelle gelangt ist, sich auf deren anderer Seite, völlig harmonisch in der Form, weiter entwickeln sollte, obwohl es durch die Lamelle getrennt ist. Es müssen vielmehr die Lamellen zeitlich nach den Schmelzprismen entstanden sein und diese durchtrennt haben. Ferner ist von Wichtigkeit, daß künstlich entstandene Sprünge im Zahnschmelz, sowohl Schleifsprünge als auch auf andere Weise erzeugte, in ihrer Anlage und Art den Lamellen gleichen, daß die Argentum nitricum tingierten Gebilde und die Schmelzbüschel Luft enthalten können und korpuskuläre Tuscheteilchen in die am ganzen Zahn als Sprünge imponierenden Schmelzveränderungen eindringen können, und diese beim Betasten der Zahnoberfläche mit einer feinen Sonde den Eindruck einer Kontinuitätstrennung des Schmelzes hervorrufen.

Aus diesen Tatsachen allein schon möchte ich den Schluß ziehen, daß es sich bei den am ganzen Zahn Sprungcharakter zeigenden Schmelzveränderungen sowie den Lamellen und Büscheln um ein und dieselben Gebilde handelt, und diese weiter nichts sind, als auf traumatischer Basis intravital entstandene Sprünge im Zahnschmelz. Allein schon der morphologische Nachweis der durch die fraglichen Gebilde in ihrer Kontinuität getrennten Prismen dürfte beweisend für den Sprungcharakter sein. Ein weiterer Beweis für den Sprungcharakter ist das ruckweise Eindringen des Xylols. Wäre eine organische Lamelle lückenlos in dem

Schmelz eingelagert, so hätte das Xylol eine kontinuierlich fortschreitende Aufhellung der fraglichen Gebilde bewirken müssen, und diese hätten keine Luft enthalten können, die aber, wie die aufsteigenden Bläschen bewiesen, vorhanden war.

Es wäre nun noch zu bemerken, daß es sich bei den Feststellungen der gespaltenen Prismen nicht etwa um eine optische Täuschung, eine Ätzwirkung oder um einen beim Schleifen entstandenen Sprung handelte, denn ich konnte beim Dünnerschleifen der Präparate, die solche Erscheinungen zeigten, feststellen, daß die in ihrer Kontinuität getrennten Prismen mehrere Mikren tief gespalten waren, zudem waren die Gebilde, die durch die Prismen hindurchgingen, mit Ausnahme der Büschel durch Argentum nitricum gefärbt, Schleifsprünge also ausgeschlossen. Eine Verwechslung der fraglichen Gebilde mit Schleifsprüngen konnte ferner bei meinen Untersuchungen nicht in Frage kommen, da ich von Zeit zu Zeit während der Herstellung des Präparates durch Zählung unter dem Mikroskop die Anzahl der am ganzen Zahn wie Sprünge aussehenden Gebilde und der Lamellen feststellte und so hinzutretende Schleifsprünge sogleich als solche erkennen konnte. Wie sollten ferner die Dentinanteile all dieser Erscheinungen anders als Sprünge, die sich bis ins Dentin fortsetzen, zu erklären sein? Wenn die Lamellen minderverkalkte Prismen oder minderverkalkte Kittsubstanz wären, wie sollten da die Prismen oder die Kittsubstanz als Dentinanteil ins Zahnbein gelangt sein?

Wenn Meyer nun meint, die Dentinanteile entstünden innerhalb der Lamellen durch nachträgliches Auftreten von Sprüngen, die bis ins Dentin reichen, so wäre wieder nicht einzusehen, warum die Lamellen die morphologische Einheit der Prismen trennen. Es kann dies nur durch ein primäres Springen des Schmelzes erklärt werden, wobei dann sekundär die Sprünge mit Substanz erfüllt werden, sei es nun, daß etwa durch Transudation vom Dentin her oder daß von der Schmelzoberfläche aus feinste Teilchen in die Sprünge eindringen und so den beim Entkalken verbleibenden zusammenhängenden Rückstand bilden. Die Büschelrisse freilich können nur vom Dentin aus angefüllt werden. Daß von der Schmelzoberfläche her korpuskuläre Elemente in Schmelz und Zahnbein eindringen können, bewiesen die Tuscheversuche, zeigte es sich doch, daß beim Durchschneiden der mit Tusche behandelten Versuchszähne die Tusche bis ins Dentin den Sprüngen entlang eingedrungen war.

Nach den genannten Befunden dürfte es entschieden sein, daß die Lamellen durch primäre im Schmelz entstandene Sprünge bedingt sind. Ich befinde mich mit dieser Behauptung im Einvernehmen mit Gott-

LIEB und ORBAN, allerdings kann ich die weitere Folgerung dieser Forscher, daß die Lamellen aus Zellen des äußeren Schmelzepithels bestehen und teilweise verhornen können, nicht bestätigen, denn dann hätte ich an den Lamellen Strukturen oder Zellgrenzen nachweisen können müssen; außerdem hätten dann die angestellten Eiweißreaktionen wohl positiv verlaufen müssen. Des weiteren stimme ich mit GRÄFF und AKAMATSU insofern überein, als diese Autoren die Lamellen und Büschel auf traumatischer Basis sich entstanden denken, während sie aber diese Gebilde für in der Hauptsache beim Schleifen entstandene Kunstprodukte halten, bin ich der Ansicht, daß sie intravital entstehen. Wären es nur beim Herstellen der Präparate entstandene Kunstprodukte, dann hätten sie nicht mit $AgNO_3$ gefärbt sein können. Daß jedoch beim Schleifen auch Sprünge entstehen können, die den Lamellen und Büscheln durchaus gleichen, steht außer Frage. Wenn WEIDENREICH behauptet, daß Schleifsprünge nach allen Richtungen hin den Schmelz durchsetzen, so ist dazu zu sagen, daß dies bei unvorsichtiger grober Behandlungsweise der Schliffe wohl der Fall sein kann, bei normalem Herstellungsgang und schonender Behandlung aber die Schleifsprünge in menschlichen Zähnen sich durchaus an den S-förmig gewundenen Verlauf der Prismen halten. Es ist die Lage der Schleifsprünge sogar ein Hinweis auf die Spaltbarkeitsrichtung des Schmelzes, diese liegt in der Kittsubstanz und läuft den Prismen parallel.

Wenn WEIDENREICH weiter die Lamellen und Büschel für die letzten Ausstrahlungen des Manteldentins hält, so ist zu bemerken, daß es auch Lamellen gibt, die das Dentin nicht erreichen, es können demnach zumindest also diese Lamellen keine Ausstrahlungen des Manteldentins sein. Den genauen Nachweis für seine Behauptung hat WEIDENREICH übrigens nicht erbringen können, denn er schreibt selbst: »Leider ist es mir bisher trotz mancher Versuche nicht geglückt, den Zusammenhang der Büschel und Lamellen mit den Manteldentinfasern des Zahnbeins färberisch darzustellen.«

Wären die Lamellen und Büschel mesodermale Gebilde, dann hätten sie positive Eiweißreaktionen und spezifische histologische Färbungen geben müssen, dies war indes nie der Fall. Wäre nun aber wirklich in einigen Lamellen Eiweiß vorhanden gewesen, so wäre dies noch immer kein sicherer Beweis für den geweblichen Charakter dieser Gebilde, denn es ist wohl denkbar und schon bestätigt worden, daß Mikroorganismen in und entlang den Lamellen im Schmelz anzutreffen waren, es könnte das Eiweiß, wenn es vorhanden wäre, also auch von den Bakterien und ihren Zerfallsprodukten stammen.

Ein Wahrscheinlichkeitsbeweis für den Sprungcharakter der beschriebenen Gebilde ist die Feststellung, die Niedergesäss machte, daß an älteren Gebissen Schmelzsprünge häufiger anzutreffen sind als an jugendlichen. Faber stellte ebenfalls fest, daß Benutzungsdauer der Zähne und Anzahl der vorhandenen Sprünge zueinander im Abhängigkeitsverhältnis stehen, daß nämlich alte Individuen mehr Schmelzsprünge aufzuweisen haben als junge. Jedoch meint er, daß durch längere Benutzungsdauer des Gebisses nicht mehr Sprünge erzeugt würden, sondern nur mehr Lamellen durch Einflüsse von der Mundhöhle aus sichtbar gemacht würden. Da ich jedoch den Nachweis geführt habe, daß die am intakten Zahn als Sprünge erscheinenden Gebilde sowie die Lamellen und Büschel die morphologische Einheit der Prismen stellenweise trennen, und diese Tatsache mir der beste Beweis für die Sprungnatur dieser Gebilde scheint, so kann ich der Ansicht Fabers nicht beipflichten.

Nachdem wir nun festgestellt haben, daß die umstrittenen Gebilde echte Sprungbildungen sind, wird diese Feststellung um so verständlicher, wenn man berücksichtigt, daß, wie die Befunde und Versuche ergeben, die Spaltbarkeitsrichtung des Schmelzes in der Ebene der S-förmig gewundenen Krümmungen der Prismen liegt und in der Kittsubstanz verläuft.

Es ist nun bekannt und offensichtlich, daß die überwiegende Mehrzahl der Schmelzsprünge axial-radiär verläuft, und zwar bei den Frontzähnen meist in den oberen zwei Dritteln der Krone, bei den Prämolaren und Molaren an den Flächen der stärksten Krümmung.

Schwarz macht hierfür einmal die annähernd zylindrische Form der Zahnkrone verantwortlich. Andererseits wirft er die Frage auf, ob der axiale Verlauf der Sprünge nicht durch den Bau des Schmelzes bedingt sein könnte. Die Beantwortung der Frage läßt er offen. Ich glaube, nun bei meinen Untersuchungen diese Frage gelöst zu haben. Es zeigte sich nämlich an dicken Querschliffen bei stereoskopischer Betrachtung, daß in den der Oberfläche des Schmelzes zugekehrten zwei Dritteln des Emails die Prismen in der Senkrechten annähernd in einer Ebene lagen und insofern schon die Senkrechte eine günstige Sprungrichtung abgibt. Ein weiteres Moment für die Erklärung des axialen Sprungverlaufes ist der Umstand, daß die Prismen von der Dentingrenze an nach der Kronenoberfläche bzw. Schneidekante zu ansteigen. Hierdurch resultiert im ganzen Schmelze ein Aufwärtsstreben der Prismen, und es dürfte so durch dieses Kronenwärtsstreben der Prismen und den Umstand, daß die Längsrichtung der Prismen die bevorzugte

Sprungebene ist, der axiale Sprungverlauf wesentlich begünstigt werden. Ein Quersprung würde zudem an den aufsteigenden Prismen, die er quer treffen müßte, einen zu großen Widerstand finden. Da die Sprünge offenbar die Tendenz haben, die Schmelzschicht auf dem kürzesten Wege zu passieren, d. h. im allgemeinen senkrecht zur Schmelzoberfläche zu verlaufen, so bleibt ihnen nur die axial-radiäre Richtung, wenn sie möglichst der Längsrichtung der Prismen folgen. Quersprünge müßten, wenn sie der letzten Bedingung folgten, die Schmelzschicht schräg, also auf einem längeren Wege durchlaufen. Daher überwiegt im ganzen der axparallele Sprungverlauf bei weitem den queren.

Für die Tatsache, daß die Schmelzsprünge hauptsächlich in der Kittsubstanz verlaufen, fand ich eine Erklärung in der Behauptung Burgs, der angibt, daß die Ritzbarkeit in der Ebene parallel zu den Prismen am größten, senkrecht zu den Prismen am kleinsten ist.

Praktische Folgerungen.

Was haben nun die Schmelzsprünge praktisch für eine Bedeutung?

Verschiedentlich in der Literatur werden sie mit der Caries der Zähne in Zusammenhang gebracht. Ich sah denn auch des öfteren an meinen Schliffen, daß die Schmelzsprünge, und zwar zumeist die schon makroskopisch am ganzen Zahn als Sprünge erscheinenden, der Ausgangspunkt einer Caries waren. Oft hatte sich die Caries in und zu beiden Seiten der Risse kegelförmig mit der Spitze des Kegels dem Dentin zugekehrt ausgebreitet. Es dürfte also den Schmelzsprüngen bei der Entstehung der Caries ein praktischer Wert beizumessen sein.

Es ist ferner von Wichtigkeit, festzustellen, daß die Spaltbarkeitsrichtung des Schmelzes, die — wie wir gesehen haben — den Prismen parallel läuft, für die Präparation von Cavitäten von Bedeutung ist. Man wird, da die Spaltbarkeit des Schmelzes vorzugsweise axial-radiär verläuft, beim Anlegen von Unterschnitten als Haftpunkte für Füllungen diese Unterschnitte, wenngleich sie auch nur im Dentin angelegt werden sollten, nach Möglichkeit mehr occlusalwärts und cervicalwärts von der Cavität anlegen und sie lateralwärts am besten zu vermeiden suchen, denn die lateral gelegenen angrenzenden Schmelzpartien würden durch seitlich von der Cavität angelegte Unterschnitte zum Abspringen disponiert werden.

Zusammenfassung.

Wenn ich nun zum Schlusse meiner Ausführungen die Resultate meiner Untersuchungen zusammenfasse, so komme ich zu folgenden Feststellungen:

1. Die an Zähnen lebender Individuen sichtbaren, als Sprünge imponierenden Schmelzveränderungen sind echte Sprünge, denn sie stellen Kontinuitätstrennungen des Emails dar.

2. Die sogenannten »Lamellen« und »Büschel« des menschlichen Zahnschmelzes sind ebenfalls Kontinuitätstrennungen des Schmelzes und als feinste Risse anzusprechen. Zwischen ihnen und den schon makroskopisch am Zahne in Erscheinung tretenden Sprüngen besteht im Prinzip kein Unterschied.

3. Die Sprünge des Schmelzes werden sekundär mit einer nicht genau definierbaren Substanz erfüllt.

4. Die Spaltbarkeitsrichtung des Schmelzes verläuft in der Ebene der S-förmig gewundenen Prismen, die vom Dentin aus occlusalwärts ansteigen, sie liegt vorwiegend in der Kittsubstanz und ist den Prismen parallel.

5. Der axial-radiäre Verlauf der Sprünge ist durch die Morphologie des Schmelzes, die Anordnung der Prismen, bedingt.

6. Die Schmelzsprünge stellen den Erregern der Caries gegenüber einen locus minoris resistentiae dar.

7. Die Spaltbarkeitsrichtung des Schmelzes ist von Bedeutung bei der Cavitätenpräparation.

Zum Schluß sei es mir gestattet, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. med. Gräper, für die Überlassung des Themas, eines Arbeitsplatzes und des Untersuchungsmaterials sowie für seine freundlichen Anregungen und ständige Hilfsbereitschaft ergebenst zu danken. Ferner bin ich Herrn Prof. Dr. med. Schulz für seine liebenswürdige Beratung bei meinen chemischen Versuchen und Herrn Prof. Dr. med. Hesse für die Überlassung von Schrifttum sehr zu Dank verpflichtet.

Schrifttum.

1. **Adrion, W.:** Zahnärztl. Rdsch. **1922**. — 2. **Akamatsu, K.:** V. f. Z. **1928**. — 3. **Baumgartner, E.:** Dtsch. Mschr. Zahnheilk. **1911**. — 4. **Beust, Th.:** Arch. Zahnheilk. **1912**. Nr 1. — 5. **Boedecker, Ch.:** J. amer. dent. Assoc. **15** (1928). — 6. **Brammer, F. u. Brauer, K.:** Dtsch. Mschr. Zahnheilk. **1926**. — 7. **Burg, F.:** Neue spezifische Härtebestimmungen der Hartsubstanzen des Zahnes. Inaug.-Diss., Halle 1921. — 8. **Buzer, A.:** Handbuch der Zahnheilkunde. 1867. — 9. **v. Ebner, V.:** Histologie der Zähne. In: Scheffs Handbuch der Zahnheilkunde, 3. Aufl. 1909. — 10. **Euler, H.:** Dtsch. Mschr. Zahnheilk. **1911**. — 11. **Faber, F.:** Z. Anat. **86**, H. 1/2 (1928). — 12. Z. Stomat. **22** (1924). — 13. Erg. Zahnheilk. **7**, H. 2—4 (1924). — 14. **Fischer, G.:** Bau und Entwicklung der

Mundhöhle des Menschen. 1909. — 15. **Fleischmann, L.:** Z. Stomat. **1921**. — 16. **Gies,** erwähnt nach Orban. — 17. **Gottlieb, B.:** Österr.-ungar. V. f. Z. **31** (1915). — 18. Z. Stomat. **1921**. — 19. **Gräff, S.:** Verh. dtsch. path. Ges., 18. Tagung. Jena 1921. — 20. **Kantorowicz, A.:** Handbuch der Zahnheilkunde 4 (1931). — 21. **Leber, Th.** u. **Rottenstein, I. B.:** Untersuchungen über die Caries der Zähne. 1867. — 22. **Lehmann:** Münch. med. Wschr. **1913**, Nr. 33, S. 1859. — 23. **Linderer, J.:** Handbuch der Zahnheilkunde. **1842** u. **1848**. — 24. **Meyer, W.:** Dtsch. Mschr. Zahnheilk. **1926**. — 25. V. f. Z. **41** (1925). — 26. Ebenda **41** (1925). — 27. **Miller, W. D.:** Dtsch. Mschr. Zahnheilk. **1902**. — 28. **Morgenstern, M.:** Ebenda **1902**. — 29. **Niedergesäß, K.:** Arch. f. Hyg. **84** (1925). — 30. **Orban, B.:** Dtsch. Mschr. Zahnheilk. **45**, Nr 7 (1927). — 31. Z. Stomat. **1926**, H. 2. — 32. Korresp.bl. Zahnärzte **1925**, H. 2. — 33. Fortschritte der Zahnheilkunde. 1927. — 34. **Pickerill, H. P.:** The Prevention of the Dental Caries and Oral Sepsis. 1923. — 35. **Port-Euler:** Lehrbuch der Zahnheilkunde. 1915 u. 1929. — 36. **Rottenstein, I. B.:** Die Pflege und Behandlung der Zähne sowie ihre Wiederherstellung durch die Kunst. 1857. — 37. **Schaffer:** Lehrbuch der Histologie und Histogenese. 1922. — 38. **Schenk, F.:** Österr-ungar. V. f. Z. **1900/II.** — 39. **Schwarz, A.:** Dtsch. Mschr. Zahnheilk. **1920**. — 40. **Siegmund, H.** u. **Weber, R.:** Pathologische Histologie der Mundhöhle. **1926**. — 41. **Türkheim, H.:** V. f. Z. **1922**, 38. — 42. **Walkhoff, O.:** Biologische Studien über das Wesen der Zahncaries. 1919. — 43. Beiträge zum feineren Bau des Schmelzes und zur Entwicklung des Zahnbeins. Inaug.-Diss., Erlangen 1897. — 44. **Weidenreich, F.:** Z. Anat. **79**, H. 3 (1926).

Die Arbeit ist mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät in einigen Kapiteln verkürzt gedruckt. Bezüglich der Originalarbeit verweise ich auf die drei der Medizinischen Fakultät der Universität Jena eingereichten Exemplare.

Die Zahnschliffe und Mikrophotogramme sowie die Arbeit selbst habe ich im Anatomischen Institut zu Jena unter Leitung von Herrn Prof. Dr. L. Gräper angefertigt.

Bei den photographischen Arbeiten war mir Herr stud. med. Kübrich behilflich, dem ich an dieser Stelle nochmals meinen besten Dank sagen möchte. Ich versichere an Eidesstatt, daß darüber hinaus keine weitere Beihilfe bei meiner Arbeit stattgefunden hat.

Lebenslauf.

Am 25. März 1908 wurde ich, Hans Erich Adolf Schulz, in Obornik (ehemalige Provinz Posen) als Sohn des jetzigen Postamtmanns Adolf Schulz und seiner Ehefrau Hedwig, geb. Rattay, geboren.

Von Ostern 1914 bis Ostern 1918 besuchte ich die Vorschule des Gymnasiums in Bromberg, trat dann in die Sexta des Bromberger Realgymnasiums ein und verblieb bis zur Quinta auf dieser Anstalt. Im Oktober 1919 wurde ich in die Quinta des Erfurter humanistischen Gymnasiums aufgenommen und bestand an dieser Schule Ostern 1928 die Maturitätsprüfung. Im April desselben Jahres bezog ich die Universität Jena, um Zahnheilkunde zu studieren. Meine Studienzeit verbrachte ich in Jena. Dort bestand ich nach drei Semestern die zahnärztliche Vorprüfung mit „Gut“ und erlangte am 29. Februar 1932 die Approbation als Zahnarzt mit der Note „Gut“. In der darauffolgenden Zeit war ich mit der Anfertigung meiner Dissertation am Anatomischen Institut in Jena beschäftigt, vertrat dann einen Kollegen und ließ mich am 15. September 1932 in Wittenberg (Bezirk Halle) als praktischer Zahnarzt nieder.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.